

电离层垂直探测手册

下 册

51.4216
5617

中国科学院地球物理研究所
武汉观象台翻译
1958年3月

电离层垂直探测手册(下)

第三章

电离层频高图解释

引言

在满足上述所有技术要求的情况下，可以得到经过很好校准的、精确的电离层频高图（简称频高图——中译者注）。假如若干不同台站的频高图都得到一致而合理的解释，而且所得到的数据完全用图表的形式表达出来，则探测的结果就提供了它的最大的价值。

需要这样的处理有两个原因：第一，频高图在观测站作初次处理时解释得详细些，以后的大多数研究工作只按作成了表的材料——每小时、每天、每月的中值进行，而再去详细解释频高图的机会是很少的。第二，需要一致的处理是由于集中的资料具有更巨大的价值。百分之以上的垂直探测站经常交换小时整点记录值。为了这些数据对任何国家的学者都能了解和利用，必需在所有台站上对电离层频高图採用一致的解釋。

§ 1. 基本描述的选择

A. 多次反射

全部的数值特性一般都按第一次回波也就是基本回波取得。在基本反射两倍或三倍虚高的距离上几乎总是观测到探测站

和电离层中间走了两三次脉冲。这些多次反射大半出现在吸收很弱的時候。也有观测到在地面和电离层之间反射十三四次的情况。高次反射的特点是在电离层频率图上描绘的陡然上升和特殊排列。在接收多次反射时，这些描述即出现在与下一脉冲关联着的扫描上。这些描述出现的虚高首先和脉冲的重复频率有关。图74引用一个在Adak得到的记录的实例，由于高的脉冲重

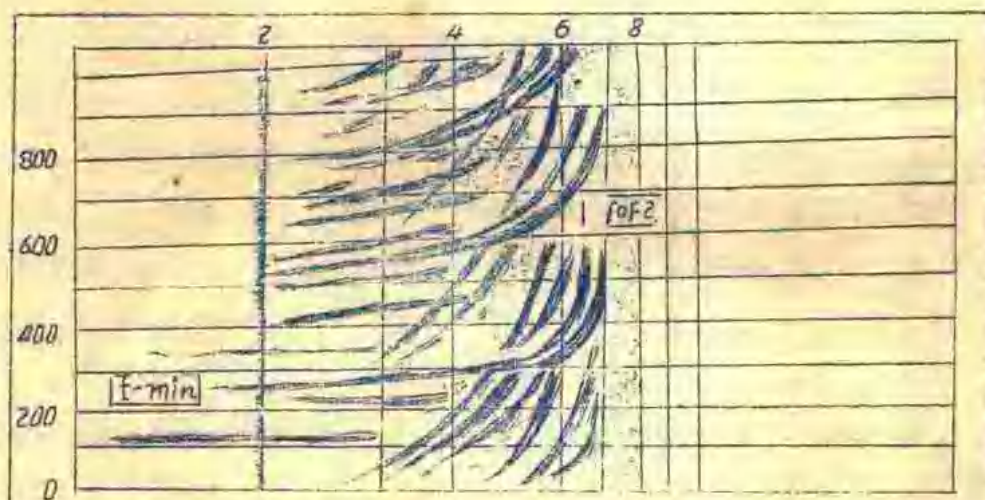


图74. 很高次的多次反射
Adak, 1956年7月5日2145

复速度（每秒70个脉冲）和弱的吸收，这样的描述经常可在那里观察到。

在M和N型反射存在时，记录的解释一般是困难的。图74上除普通的二次和三次反射外，还可看到M和N型的反射。由图75可知，这些反射的形式由第一章§6所讲过的 E_s 的部分透明性所决定。

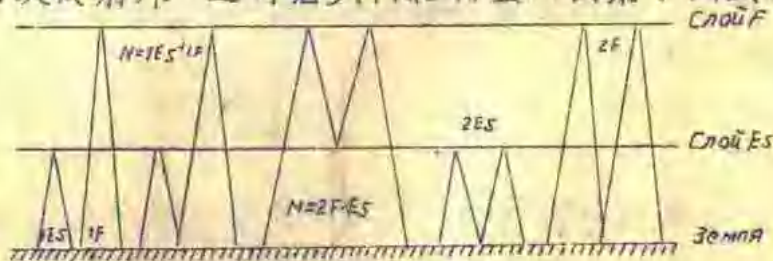


图75. M反射和N反射

假如 E_s 和 F_2 层的高度用 $h'E_s$ 和 $h'F_2$ 表示且忽略 E_s 的厚度，则 M 和 N 反射的高度可由下列公式得出：

$$h'N = h'E_s + h'F_2 ;$$

$$h'M = 2h'F_2 - h'E_s .$$

更复杂的反射的高度可由这两个公式联合得出。

B. 磁——离子分量

在第一章 §4 中指出，由探测脉冲所分裂成的两个分量——寻常的和非常的——拼成了从电离层反射的两个不同的 $h'f$ 痕迹。假如可能的话，一切数值特性直接从第一次反射波的寻常分量得出。两枝的临界频率差和形成反射的区域的磁场强度成正比。这个值由地磁赤道上的 0.4 兆赫变到磁极上的 0.9 兆赫。频率较低的一枝为寻常分量，一般按它来度量数量。

在高纬尤其是超过北纬 60° 经常看到三分枝。它叫作 Z 分量，而位于 O 分量低频率的一边。在 Z 和 O 的临界频率之间的间隔也与场强有关，而且由于观测站地位不同而在 0.5 与 0.7 兆赫之间变化。图 20——22 表示分裂为 O 和 X 分量的典型记录。在图 24 所示的 Anchorage (阿拉斯加) 高纬观测站的记录上可明显地看到三分量分裂的现象。(关于 Z 分量的较详细的说明见第三章，§4, D.)

在特殊情形下，由于某些原因，(譬如干扰)，寻常分量缺译或者不能度量时， X 或 Z 分量可以利用来推导寻常分量的临界频率的数值。

C. 暂时现象

基本痕迹的选择有时由于斜向反射(同波接收的方向不是垂直的)的存在而发生困难。这样的斜向反射由电离层的不均匀性，

不穩定性和“斜向性”，也可能由E层（有時是F层）中作水平漂移的“云”所引起。图76表示斜向反射的例子，E层的倾斜一般地容易由它的增長着的虚高（描述上的斜線）和迅速变化的范围被分辨出来，这在現象連續观测的結果時往往是显而易見的。

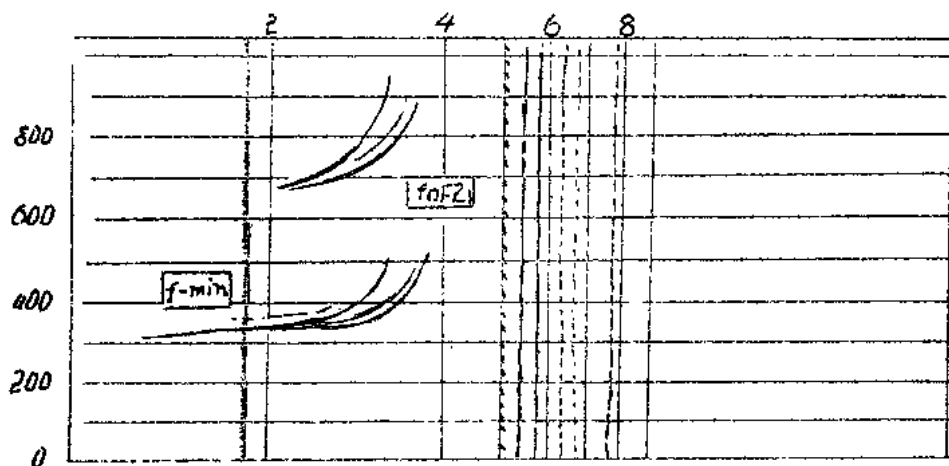


图76. 在F区域的大不均匀性的静止斜反射

Maui, 1954年9月21日23.30.

然而在F区域斜反射的描述和在观测点顶上的反射的描述极为相似（图77）。在这些情况下，为了分别垂直和斜向反射，必须仔细观察前值许多记录而且把它画在临界频率图上。有时，特别靠近极光区，F区域的斜反射的虚高减小，最后斜向反射占据了基本反射的位置而形成最强的描述。在处理时需要採用这个描述的特性。有时在记录上看到几个描述甚至观察前后很多记录都难以决定那个是基本的。在这情况下选择虚高最低的描述，我们把它当作观测站顶上反射波的描述。

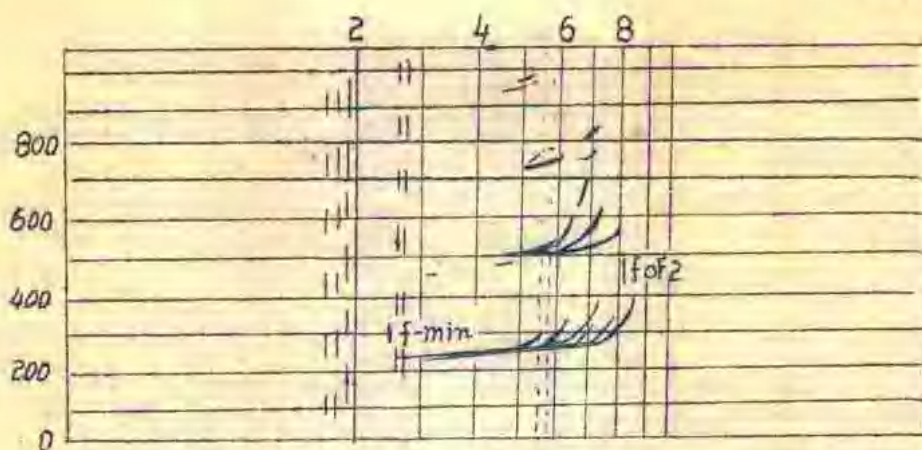


图77. 从F区域内部不均匀性的反射

D. 散射反射

常为一定频率的讯号不从同一高度反射而占据300—400千米的范围。图78, 79, 80表示极光区, 中纬和赤道地带的典型散射情形。在散射反射情况下采取记录往往是很困难的, 因为常不能分辨出那是寻常的分量。在散射的情况下, 多次反射中的寻常分量一般地被破坏得少些, 有时能在多次反射中看出寻常分量来, 在这种情况下基本描述的临界频率应按多次反射决定。

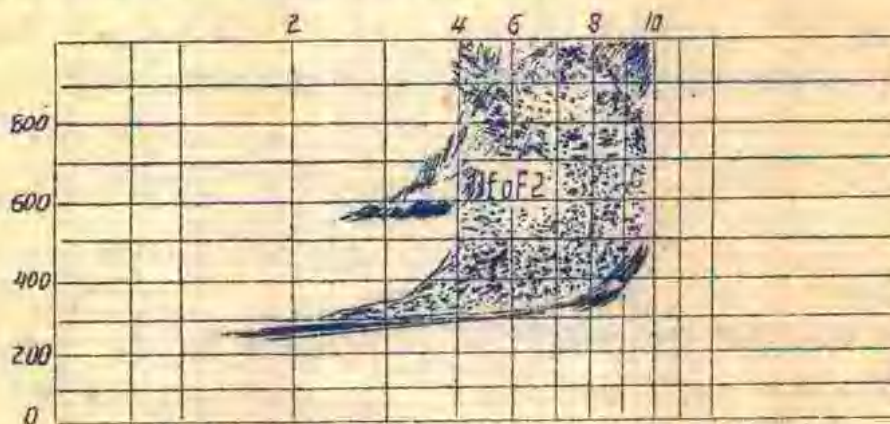


图78. 高纬所观测到的一般散射回波形式

Goldhavn, 1951年12月22日1640

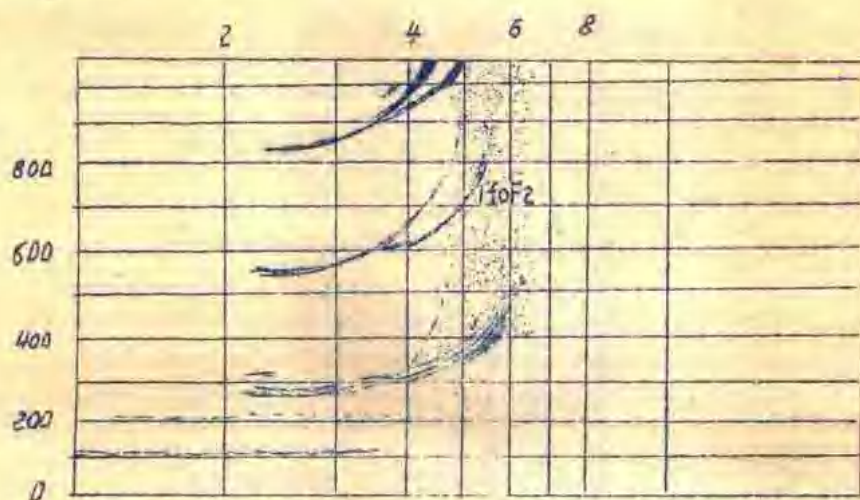


图79. 中緯的散射回波
AdaK, 1955年7月10日2015

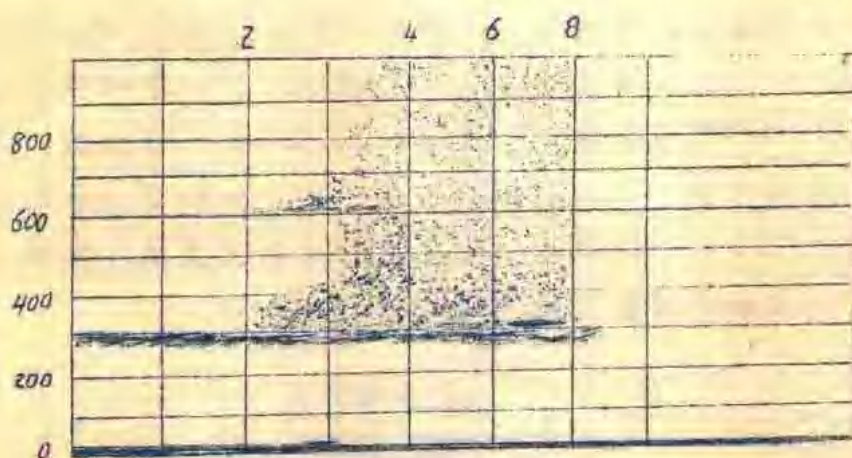


图80. 赤道型的散射回波
Huancayo, 1952年6月3日0400

往往在散射情形下显示出很好的反射回波内边缘(频率较低的一边)。假如在散射回波的背景上看不到基本描述的话, 可以利用它来得到临界频率。这些问题在第三章 §3, D.3 中研究散射的记录处理时作详细的讨论。

§2. 从記錄图上确定各层

把电离层分为D, E和下区域是方便而合逻辑的。这种划分是以高度、形成的方式、离子密度的不同以及許多其他标准为基础的。E和F区域进一步的分层也基於这些标准。然而有时很难决定各正規层及其特性,尤其在由于电波的干扰、吸收、附加的电离层結構的变化无常而造成观测困难的时候更加如此。在这些情况下为了保持所得数据的均一性,常常需要某些人为的标准。

图20——22和81——86說明高、中、低緯的白天和晚上的电离层的“平均”情况(在图20——22上不同的层标以相应的符号)。

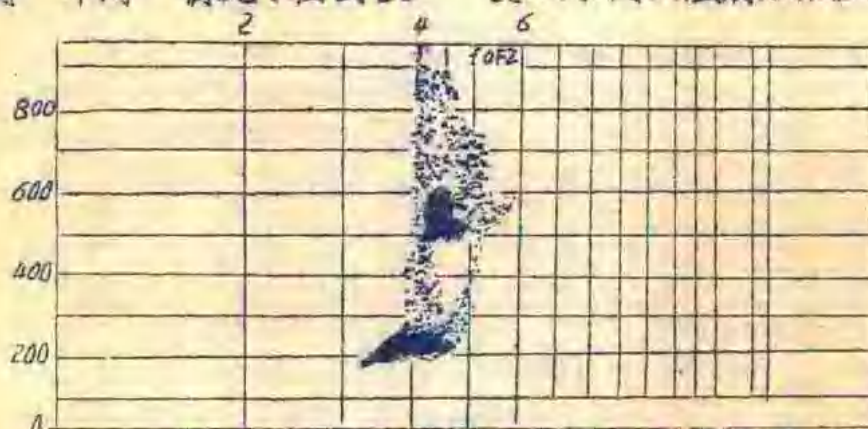


图81. 典型的高緯白天电离层頻高图
Goldhavn, 1955年8月3日1200

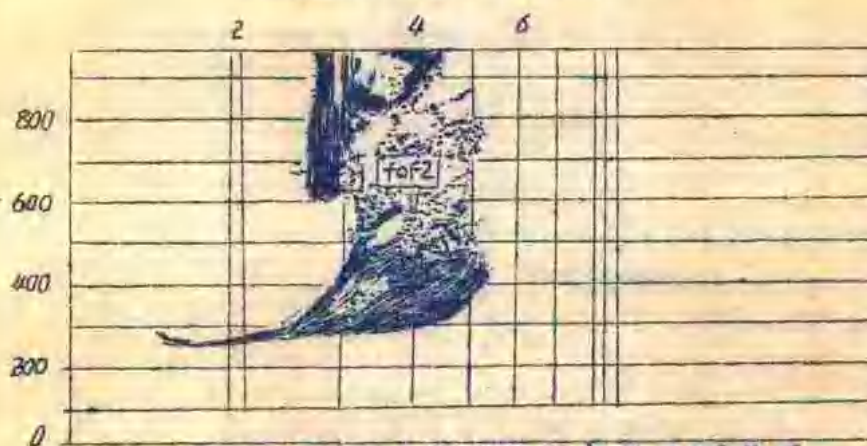


图82. 典型的高緯夜间电离层頻高图
Goldhavn, 1955年8月3日2400

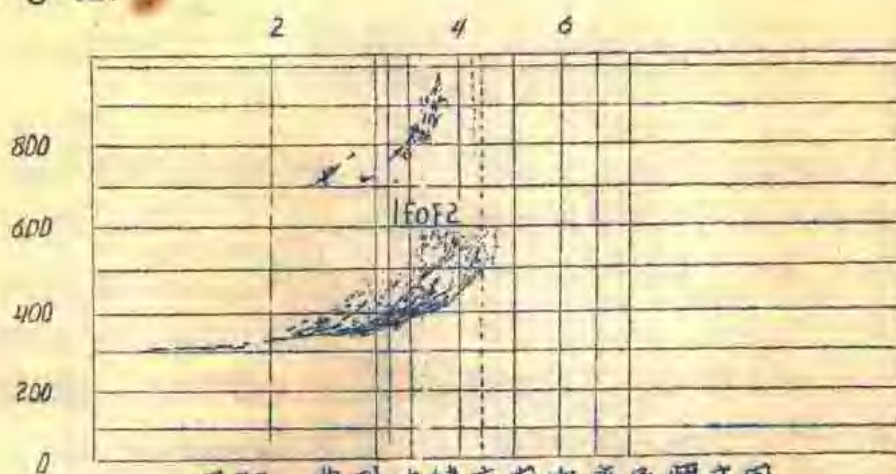


圖83. 典型中緯夜間電離層頻高圖
Adak, 1955年9月7日2400

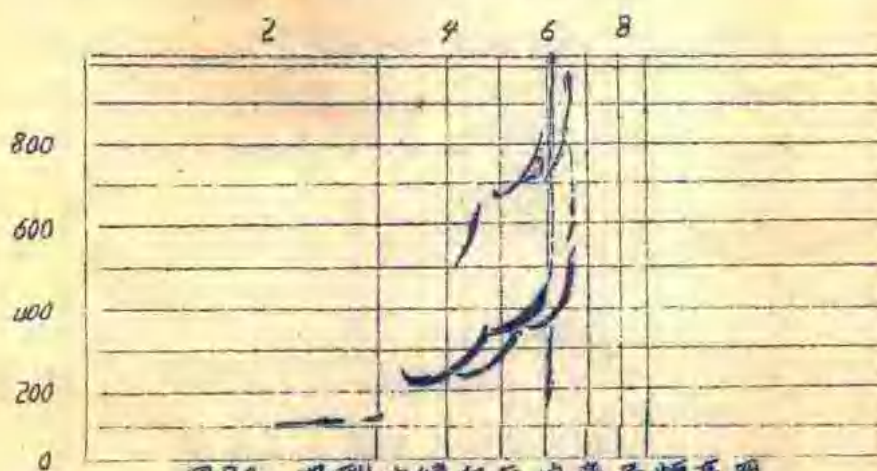


圖84. 典型中緯白天電離層頻高圖
Adak, 1955年9月7日1200

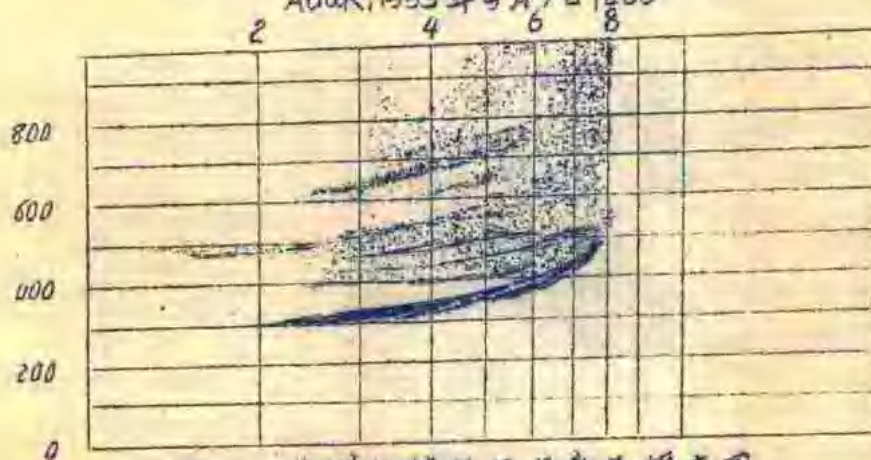


圖85. 典型低緯夜間電離層頻高圖
Maui, 1955年9月7日2400

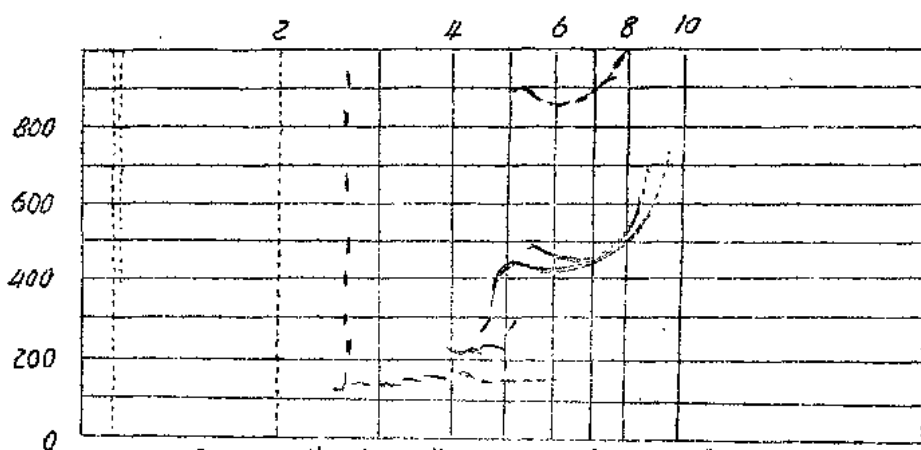


图86. 典型低緯白天电离层频高图

Maui, 1955年9月7日1210

A.E 区域

电离层位于90和140千米间的部分叫做E区域。这层的电离显然是由太阳紫外辐射的影响，因为电离密度紧随太阳高度地平线的高度而变化（参攷第一章 §2.B）

识别E区域的问题可以归结于较低高度上有电离的存在。较低高度上电离的存在一方面导致在很小高度间距内电离密度的急剧变化，另一方面也导致在这电离区域反射的电波的强烈吸收。

E区域中很小的高度间距（譬如7千米）上可以有稳定的电离密度差，但是迅速的变化和湍流可以引起分层，而且甚至在更小的高度间距内出现不规则E层。这使得E层中产生复杂的精细结构，以致在要解释记录保持其连续的特性数值时发生困难。

(1) 正规E层

在确定正规E层时所遇到的困难可再分为四种：a) 吸收作用；b) 和不规则E层的混淆及被不规则E层所遮蔽；c) 日云效应；d) 广播台的干扰。

(a) 吸收作用。由于吸收而产生的解释E层的困难与D区域

有关。在白天这些区域同位于60千米到F区域的底部(在150到180千米之间)的广大电离“云脉”一起形成。

在最低的高度上(D区域)电离很弱,然而在这高度上高的碰撞频率引起低频无线电波的强烈吸收。因为E层的临界频率很少超过4兆赫,因此吸收就成为得到E层数据的困难的最大原因。

图87表示由于在下层的D区域的吸收使得E层的特性不可能确定的情形,然而F层迹的低频端的时延清楚地指出在下层有E层存在。

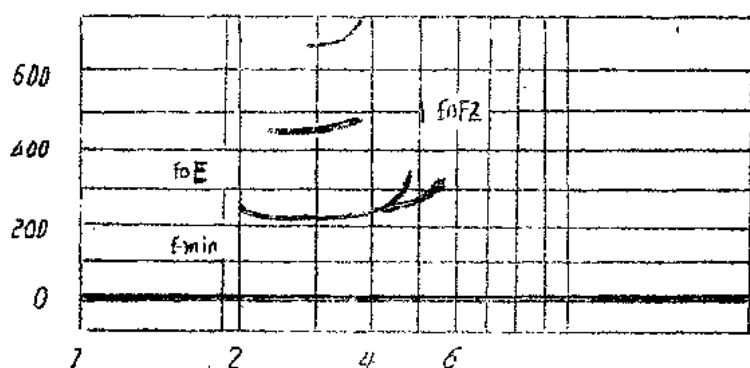


图87. 纵使由于吸收而没有E层回波, 由F区域的回波描述低频端的时延, 可推知E层的存在。

Ottawa, 1951年2月15日0730

这些困难一般地可以由加大天线以提高低频的发射功率来降低。用接收机的高增益进行特别观测也有帮助(参考第三章§3.A)

(b) E层和不规则E层的混淆及被不规则E层所掩盖。不规则E层记录的解释和数据的採用在第三章, §2, B. 中会详细分析。这里研究怎样可以从不规则E层及其他不正常E层的回波分别出正规的E层来。下页列举三个附有相应说明的例子。

1) 不规则E层完全掩盖正规E层(无线电波在达到更高的高度以前完全被不规则E层反射回来)。没有从E层的反射。(图88)。

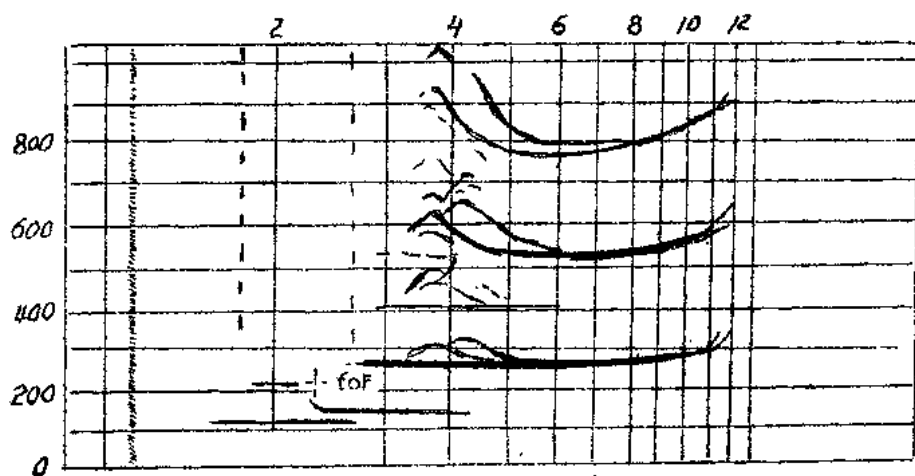


图88. 通过遮蔽性的 E_s , 刚也可以辨别出 E 层的特性的情形

Maui, 1954年12月15日1630

2) 不规则 E 层部分地掩盖正规 E 层的最低频率反射。在这种情况下, 能够重画 f^oE , 但使 E 层最低虚高的度量产生疑问。

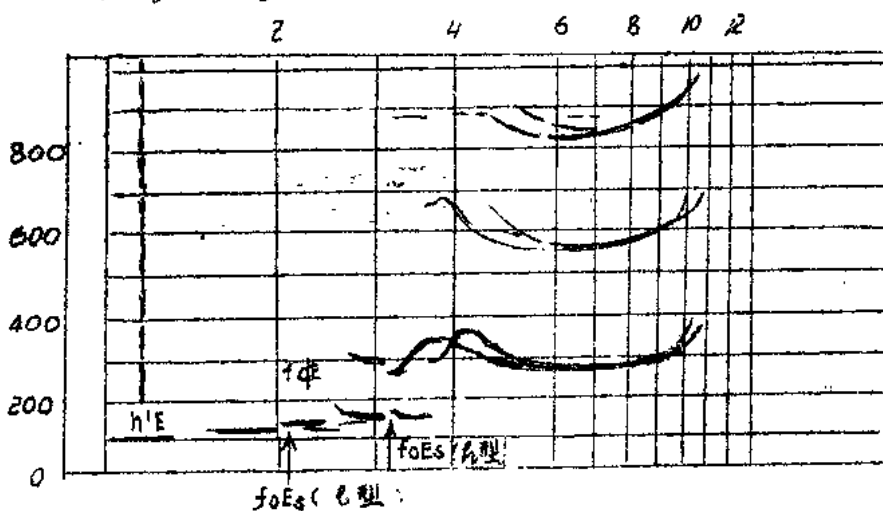


图89. 部分遮蔽性的 E_s 使 $h'E$ 的值发生疑问, 但 f^oE 可以确定。

Maui, 1954年12月15日1630

3) 可以假定, 引起 E_s 型反射的电离成不均匀性常掺杂在

較最大电子密度为低的E区域中，这就使得在由E过渡到E_s反射时导致E层特性描迹的转折点不清楚，为了得到临界频率就需将描迹进行外推。这种型式的不规则E层在图88和89也有。图90表示更复杂的情形，这里可看到E层的很小部分。

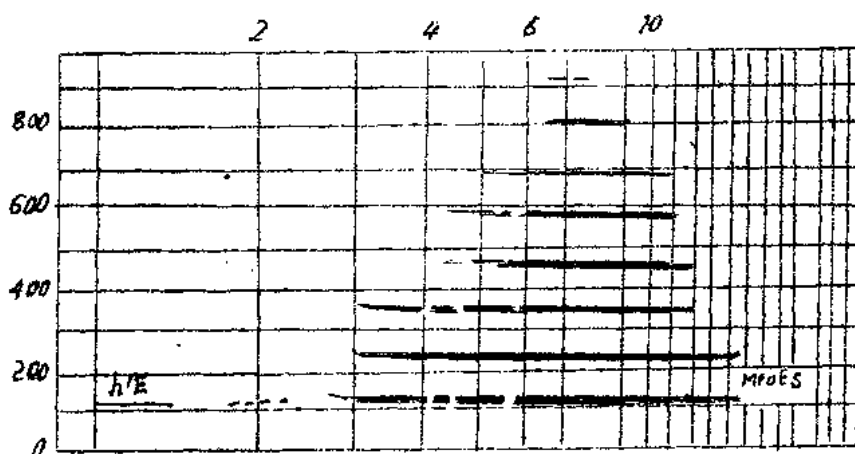
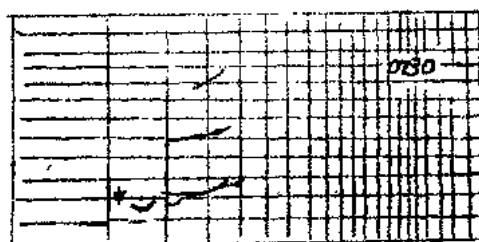
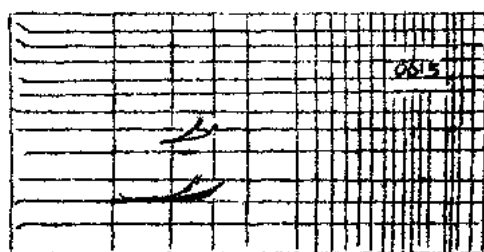


图90. 掺杂在E层的遮盖性E_s

Mani, 1953年7月14日1700

(C) 日云效应。从Puerto Rico得到的一系列連續的由高层频高图(图91)指出可能会不正确地解释日云时E层云现的情况。在0630时显示云在F层下云的描迹可能被解释为从E层的反射。然而当收集一系列連續的記錄时，就看出这不是E层。实际的E层靠近100千米；从右云的記錄可以看到，首先云现的明显的描迹是E层再分层的上云部分。这个例子清楚地说明在日云时所常观察到的现象，而且也指出当解释个别频高图察看其前后一系列相連的观测是多么重要。



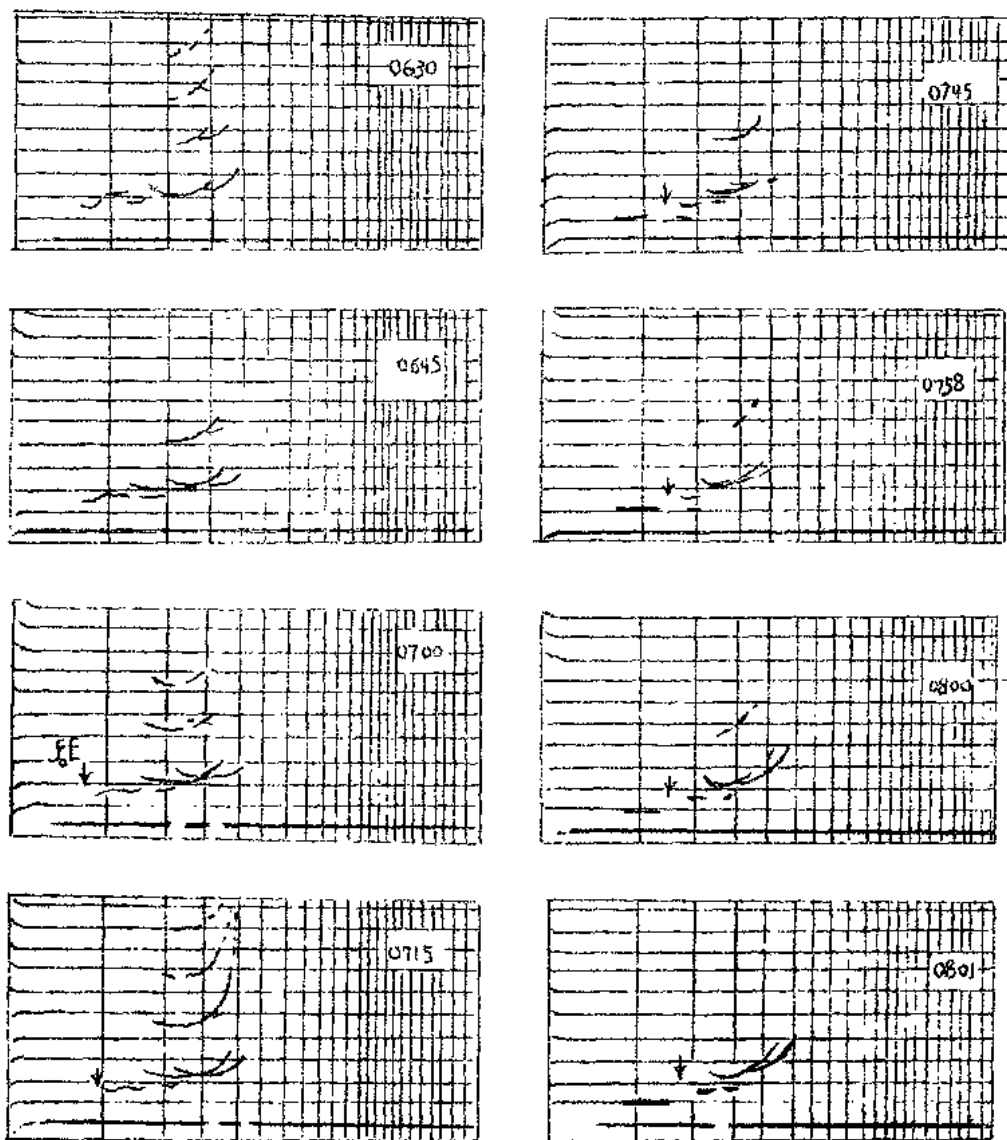


图91. 日云時一系列連續的頻高圖. E層的確定是困難的
Puerto Rico, 1953年9月15日0615—0801

(d) 無線電廣播的干擾. 圖92表示無線電廣播台在1到1.6兆赫的妨碍作用。在這情況下準確地量度 f_oE' 是困難的。有時無線電廣播的干擾範圍遍及整個E層。這時即使 f_oE 也不能得到。這一般

仅见于日出和日落时。

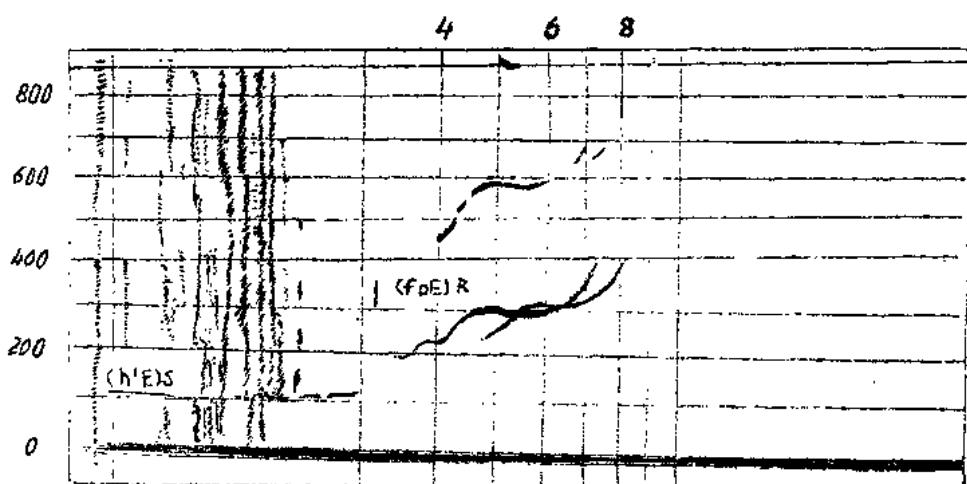


图92. 无线电广播干扰叠加在E层的特性上。特别是在 $h'E$ 上。

Fort Monmouth (美) 1955年9月28日1145

2. 正常E区域的分层

识别正常E层的困难也发生在传播曲折和分层出现的时候。图93表示E层内部分层的例子。

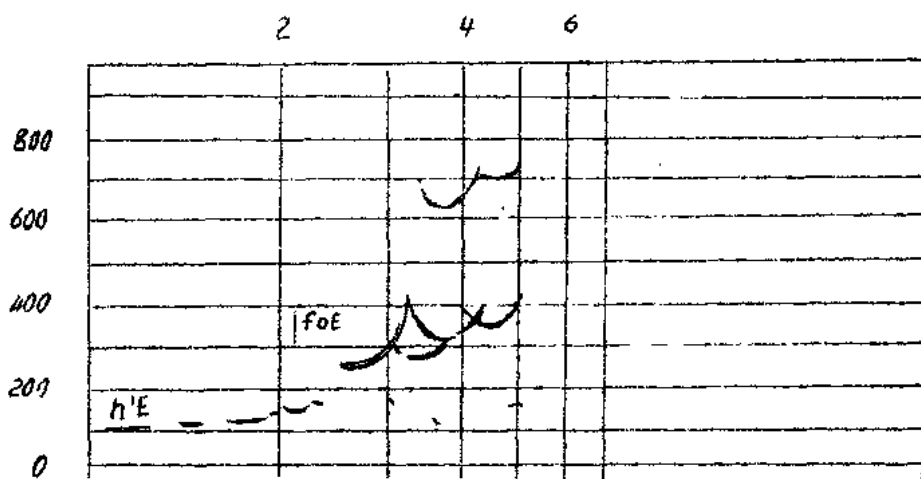


图93. E区域的多层分层

Adak, 1954年6月21日1715

E 和 F₁ 层中间层的出现如图 94 所示。它的符号是 E₂ 层，而它的正常射线的临界频率以 $f^0 E_2$ 表示。

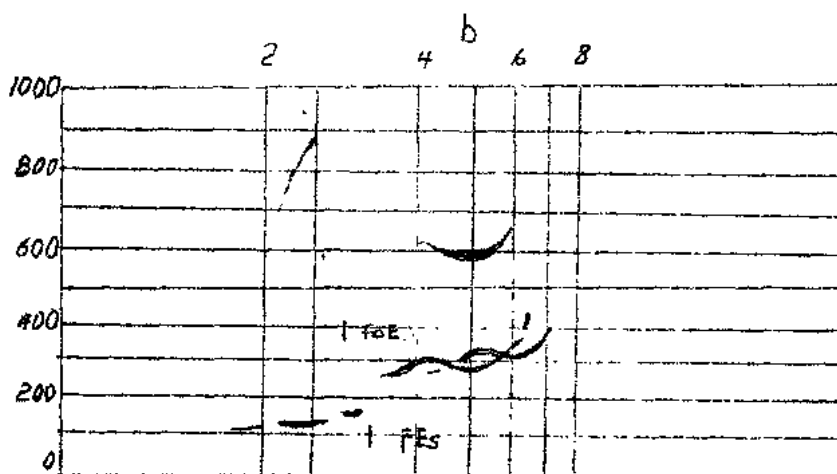
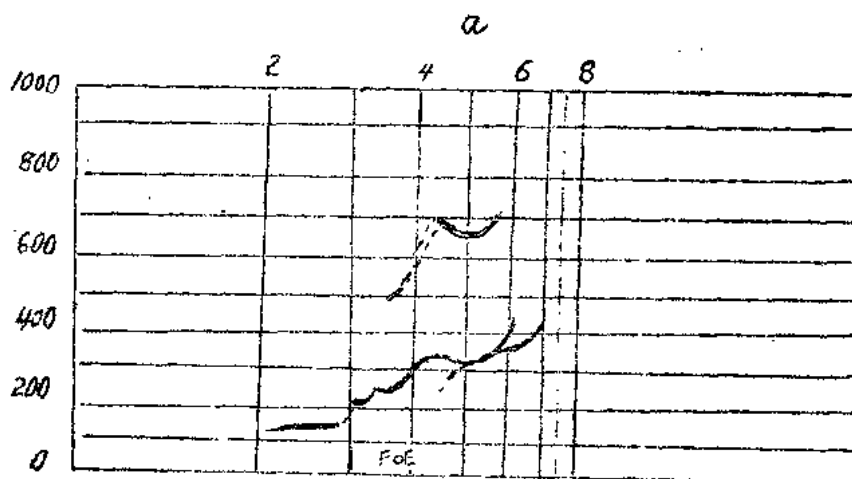
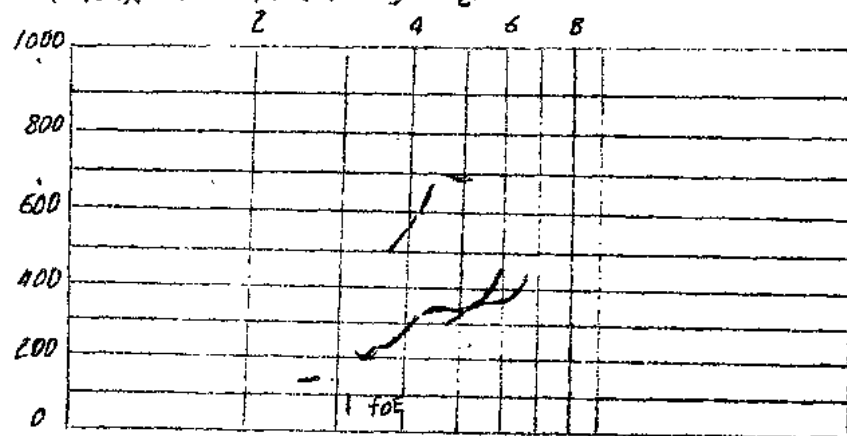


图 94. F 区域的再分层。说明所观察到的分层解释为 E 层的分层还是 F₁ 层的分层的困难(如 b)

当解释类似图93和94所示的痕迹时，常发生困难——把它们列入正常E层中分层， E_2 还是由 F_1 层向下分裂出来的层。为了解决这个困难，往往需要研究前后一系列的记录。

B. F区域

识别F区域的困难发生于下列情况中：

1. 被下层的层所遮蔽——包括G的情况（ F_2 层较 F_1 层稀薄）。
2. F_1 发育不完全（L的情况）。
3. 引起斜反射和再分层的运动的不均匀性。
4. 散射反射。

所有这些效应叙述在下节且附以相当的图说明。

(1) 被下层的层所遮蔽。G的情况。

在夏天特别是太阳黑子数目小的年间，常会出现 F_2 层比 F_1 层的离子密度低的情况。这种情况的结果是 f^oF_2 变得比 f^oF_1 小及 F_2 的痕迹不能在记录上看到。这一白天的现象早上较常发现，然而有时也发现在午后。

G的情况一般地由电离层暴引起。然而在太阳黑子数低的年间，夏天早上 f^oF_2 仅稍高于 f^oF_1 ，因此 F_2 层临界频率的普遍起伏往往使得在没有任何电离层暴的时候造成G的情况。在另外的季节和高太阳活动性的年间，G的情况几乎总是电离层暴的结果。当研究一系列前后记录的时候可见这种情况的发展（图95）

